

Урецкий Е.А.

## К ВОПРОСУ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

### ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь построено и эксплуатируется большое количество животноводческих комплексов, основанных на применении прогрессивных поточных технологий производства мяса. Применяемое при этом гидросмывное удаление навоза из животноводческих помещений привело к образованию значительных объемов высококонцентрированных навозных сточных вод, представляющих серьезную опасность для окружающей природной среды.

Так по данным [1] ежегодно животноводческие комплексы республики вносят в окружающую среду 45-40 млн. м<sup>3</sup> стоков. Основной формой их утилизации является полив, причём безо всякой предварительной очистки и дезинфекции.

Это обусловило значительное загрязнение почв многих районов, прилегающих к комплексам аминами, нитритами, нитратами, калием, фосфором и рядом других веществ, а также патогенными микроорганизмами. Причём стоки животноводческих комплексов загрязняют почвы водорастворимыми и обменными формами вышеназванных элементов, поэтому они легко проникают на глубину до 40 см и достигают максимума концентрации в компостном слое. С течением времени загрязнение почв делают их полностью непригодными к сельскохозяйственному использованию. Почвенно-геохимические аномалии простираются на 3-5 км от животноводческих комплексов и имеют постоянную тенденцию к расширению. Полученные с этих земель корма и другая сельскохозяйственная продукция отличаются высоким содержанием нитратов и по санитарно-гигиеническим нормам являются непригодными для их использования [2].

Наиболее тяжелая ситуация складывается при размещении животноводческих комплексов в районах с неблагоприятными климатическими и гидрогеологическими условиями при необходимости прямого сброса очищенных сточных вод в естественные водоемы, так как применяемые методы биологической очистки сточных вод не позволяют достичь требуемую в этом случае степень удаления органических загрязнений.

В своё время группой специалистов под руководством автора были проведены обследования очистных сооружений крупных животноводческих комплексов, размещённых на территории Брестской области. Обследования показали, что практически все водоохранные сооружения находятся либо в неработоспособном состоянии, либо вообще отсутствуют.

Таким образом, существует неотложная необходимость в разработке и ускоренном освоении новых высокоэффективных технологий очистки сточных вод животноводческих комплексов. Ключевым звеном в решении вопроса биологической очистки этих сточных вод является предварительное удаление аммонийного азота, оказывающего крайне негативное воздействие на ход биологических процессов.

Торможение этого процесса аммонийным азотом связано с наличием в воде свободного аммиака, ядовитого для микроорганизмов. Концентрация свободного аммиака основана на аммонийном равновесии



По данным ВНИИ ВОДГЕО, свободный аммиак ингибирует *Nitrosomonas* при концентрации от 10 до 150 мг/л и *Nitrobakter* при концентрации свыше 1 мг/л. Среднее же содер-

жание ионов аммония в неочищенных сточных водах, наиболее опасных из животноводческих комплексов - свинокомплексов, колеблется в пределах 400-1200 мг/л. С одной стороны, сточные вода свинокомплексов характеризуются высокими концентрациями загрязнений, наличием большого количества патогенных микроорганизмов, яиц гельминтов, и поэтому представляют серьезную угрозу для окружающей природной среды. С другой стороны, эти сточные воды имеют высокую агрономическую ценность, так как в них содержится большое количество органических веществ и биогенных элементов. Как известно, годовое количество сточных вод свиноводческого комплекса мощностью 108 тыс. голов составляет более 1 млн. м<sup>3</sup>. При этом в них содержится 730 т. азота, 300 т фосфора, 360 т калия. По количеству содержащихся в них загрязнений сточные воды такого комплекса эквивалентны хозяйственно-бытовому стокам города с населением 460-640 тыс. чел.

Большинство разработанных и предложенных методов удаления аммонийного азота из сточных вод, таких как отдувка в щелочной среде, ионный обмен, нитрификация-денитрификация, биологическая очистка с использованием симбиотического активного ила и др. приводят к безвозвратной потере аммонийного азота и поэтому не могут быть использованы в технологиях, обеспечивающих его эффективную утилизацию. Помимо этого подобные методы дороги, энергоёмки, требуют сложного аппаратного оформления и дефицитных комплектующих.

Оптимальным методом удаления аммонийного азота из сточных вод мог бы очевидно быть тот, который одновременно с высокой степенью очистки давал бы возможность утилизировать используемые реагенты, извлечённый аммонийный азот, и другие биогенные элементы и органические вещества, в больших количествах присутствующих в сточных водах животноводческих комплексов и в особенности свиноводческих комплексов.

С этой точки зрения наибольшее внимание привлекает способ реагентного удаления аммонийного азота, основанного на его взаимодействии с солями ортофосфорной кислоты и в присутствии ионов магния. Предположительно в процессе такого взаимодействия должен образовываться слабо растворимый ортофосфат магния-аммония,  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , являющийся ценным комплексным удобрением [3,4,5].

Из агрономии известно, что все компоненты этого удобрения находятся в доступной для растений форме. Оно может вноситься без ограничений под все сельскохозяйственные культуры. Причем, ортофосфат магния-аммония рекомендуется применять на сильнокислых и слабокислых почвах, при орошаемом земледелии. Это особенно важно для Республики Беларусь, где в основном почвы кислые.

Однако, малая изученность физико-химических явлений, проявляющихся при синтезе фосфатов, может быть причиной неоднозначных результатов, получаемых различными авторами по синтезу соединений по известным прописям [6].

Описанные в литературе способы получения фосфатов различаются как с точки зрения используемых приёмов, так и характером протекающих при этом физико-химических процессов. При этом выбор оптимального метода определяется прежде всего природой синтезируемого соединения [7].

*Урецкий Евгений Аронович, доцент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БрГТУ, г. Брест, 224017, ул. Московская, 267.*

*Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика*

При этом необходимо найти относительно простой в технологическом отношении, но в тоже время эффективный метод удаления аммонийного азота; а также способ максимального извлечения и утилизации в качестве удобрений органических веществ и биогенных элементов, содержащихся в сточных водах.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УДАЛЕНИЯ АММОНИЙНОГО АЗОТА

Для реализации поставленной задачи автором был использован реагентный метод удаления аммонийного азота. При этом исследования проводились на стоках свиноводческого комплекса. Как известно, стоки животноводческих комплексов наиболее опасны в экологическом отношении

Для исследования были взяты сточные воды свинокмплекса "Беловежский" Брестской области. Характеристики исходной пробы: цвет темно-зелёный, бутылочного стекла, жидкость непрозрачная, с сильным запахом, pH= 7,0, концентрация ионов аммония  $NH_4^+ = 1200$  мг/л (осреднённый результат из трех проведенных определений).

Физико-химические исследования процесса удаления ионов аммония из сточных вод животноводческого комплекса проводилось на установке, приведенной на рис. 1.

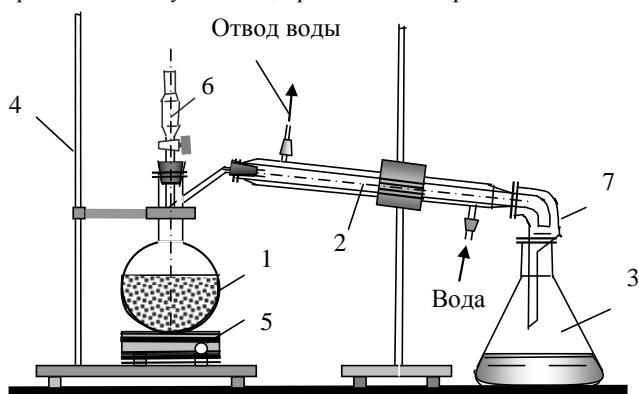


Рис.1. Установка для определения аммонийного азота в сточных водах: 1 – колба Вюрца; 2 – холодильник Либиха; 3 – коническая плоскодонная колба V=250 мл; 4 – штативы; 5 – электроплитка; 6 – делительная воронка; 7 – алонж.

Определение содержания ионов  $NH_4^+$  в сточных водах выполнялось по стандартной методике. В качестве реагента был использован двойной суперфосфат  $Ca(H_2PO_4)_2$  (удобрение) с содержанием активного продукта  $PO_4^{3-}$  (40%) и оксид магния  $MgO$  х.ч.

Перед началом экспериментов были определены стехиометрические доли магния  $Mg^{2+}$  и ортофосфата  $PO_4^{3-}$ , необходимые для связывания одного иона аммонийного азота  $NH_4^+$ .

Весовые части для  $M_{Mg}=24$ ;  $M_{PO_4^{3-}}=94$ ;  $M_{NH_4^+}=18$ ;

$$M_{Mg}/M_{NH_4^+} = \frac{24}{18} = 1,41$$

$$M_{PO_4^{3-}}/M_{NH_4^+} = \frac{94}{18} = 5,22$$

По стехиометрии соотношение  $NH_4^+:PO_4^{3-} = 1:5,22$ . С учетом 40% активности удобрения по  $PO_4^{3-}$  это соотношение увеличивается в  $\frac{100\%}{40\%} = 2,5$  раза, т.е.  $NH_4^+:PO_4^{3-} = 1:13$ .

Для экспериментов с превышением стехиометрии в 1,2 раза соотношение  $NH_4^+:PO_4^{3-} = 1:15,7$ . В первой серии опы-

тов исследовалась зависимость снижения концентрации аммонийного азота в пробе сточных вод от объема (доли) введенного реагента при pH 9 – 9,5. Применялись порошкообразные  $MgO$  и удобрение (гранулы двойного суперфосфата растерлись в ступке до порошка). После достижения заданной величины pH в пробе с помощью  $MgO$  смесь перемешивалась на магнитной мешалке в течение 2 часов. Затем добавляли расчётное количество удобрения (по стехиометрии, меньше стехиометрического, больше стехиометрического соотношения  $NH_4^+:PO_4^{3-}$ ).

Снова, в течение 2 часов длилось перемешивание, затем 2 часа отстаивание. Декантат использовали для определения содержания аммония методом перегонки согласно стандартной методике. Каждая проба анализировалась 3 раза. В таблице приведены осреднённые результаты, а на графике зависимости эффективности удаления аммонийного азота от доли внесённого суперфосфата (рис.2) использованы данные каждого опыта.

Эффективность удаления аммонийного азота  $NH_4^+$ , %

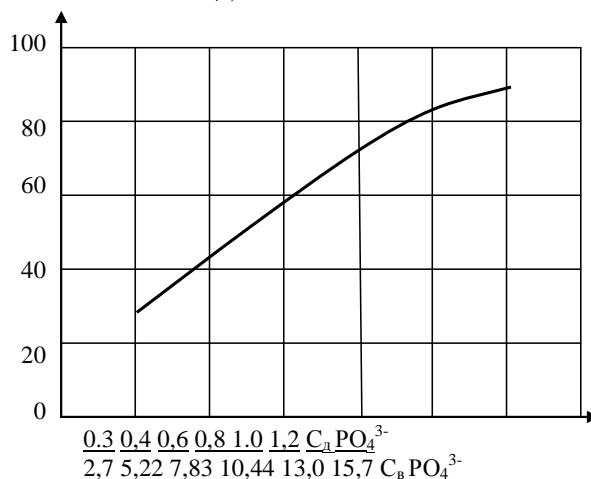


Рис.2. Зависимость удаления аммонийного азота от доли введенного двойного суперфосфата.

Примечания:  $C_{д} PO_4^{3-}$  - доля  $PO_4^{3-}$  - от стехиометрической;  $C_{в} PO_4^{3-}$  - доля  $PO_4^{3-}$  - отношение весовой части продукта к 1 весовой части  $NH_4^+$ .

Наблюдения за изменениями характеристик сточной воды в процессе обработки показали:

- цвет при введении реагентов менялся от белого до жёлтого. Цвет раствора обуславливался тонкодисперсной взвесью  $MgO$ ;
- отстоянный раствор- прозрачный;
- частицы осадка уплотнялись течением времени. При этом объём осадка уменьшался с 34 % от общего объема пробы после первых двух часов отстаивания, до 27 % после четырех часов отстаивания. Осадок оказался трудно фильтруемый;
- начения pH менялись от 9,2 до 7,7 после отстаивания;
- запах ослабел в значительной степени;
- с увеличением дозы реагента в 2 раза концентрация ионов  $NH_4^+$  снизилась по сравнению с исходной с 1,2 г/л до 0,2 г/л; эффект удаления ионов  $NH_4^+$  до 86 % в среднем.

### ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования подтверждают возможность эффективного удаления аммонийного азота (более 80%) с помощью предварительной реагентной очистки.

Таблица. Зависимость удаления аммонийного азота от доли введённого двойного суперфосфата (осреднённые показатели)

№ п/п	рН исходной пробы	Концентрация Ионов $\text{NH}_4^+$ , мг/л	Доля $\text{MgO}$		рН после введения $\text{MgO}$	Доля $\text{PO}_4^{3-}$		рН после отстаивания	Концентрация ионов $\text{NH}_4^+$ , мг/л	*Эффективность удаления ионов $\text{NH}_4^+$ %
			Стехиометрическая	Весовая		Стехиометрическая	Весовая			
Т.1	7,0	1190	1	2	7,0	0,34	4,5	7,0	840	27
										30
										33
Т.2	7,0	1244	2,55	5,1	9,2	0,84	11	8,45	317	72,5
										75
										77,5
Т.3	7,0	1200	2,5	5	9,2	1,0	13	7,76	216	80,5
										82
										83,5
Т.4	7,0	1200	2,5	5	9,25	1,2	15,7	7,62	187	84,5
										85,5
										88

\*Численные данные эффективности удаления ионов  $\text{NH}_4^+$  из сточной воды указаны по результатам проведённых опытов

- Обработанные стоки хорошо осветляются. При этом в осадок выпадает магний-аммоний ортофосфат  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  - комплексное минеральное удобрения, широко используемое под все сельскохозяйственные культуры.
- Для извлечения аммония требуется значительное количество реагентов, однако эти реагенты, обогащённые аммонием, практически полностью могут быть извлечены и в дальнейшем использованы в качестве более ценного минерального удобрения.

Проведенные исследования - поисковые. Они не позволяют определить оптимальные параметры процесса предварительной физико-химической обработки стоков животноводческих комплексов. Необходимы дополнительные углублённые исследования для уточнения оптимальных величин рН, доз реагентов, определения необходимых стадий процесса и возможности их объединения в одном сооружении, величин снижения ХПК, БПК, БПК<sub>полн</sub>, фильтруемости осадка, выяснения степени негативного влияния на процесс ионов железа, алюминия и кальция.

УДК 628.162

**Хижняк В., Магрель Л., Брылка Е., Пойта Л.Л., Волкова Г.А.**

## БУДУТ ЛИ ОБРАЗЦЫ ЧИСТОЙ ВОДЫ ДЕМОНСТРИРОВАТЬСЯ В ЭКОТУРИСТИКЕ

### ВЕДЕНИЕ

Беловежская Пуца, как биосферный заповедник, является важнейшим в масштабе Европы образованием не только с точки зрения дендрологического, флористического и фаунистического составов, но и по своей гидрологической функции. Ведь только в треугольнике: Михалово-Беловежа-

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Челноков А.А., Ющенко Л.Ф., Фридлянд М.Е. Экологические проблемы республики Беларусь и пути их решения. – Мн., 1999. – 47с.
- Челноков А.А., Ющенко Л.Ф., Фридлянд М.Е. Состояние природной среды Беларуси и пути её улучшения (справочное пособие). Мн.: Минский экологический совет, 2000. – 52с.
- Павлюченко М.М., Терентьев В.М., Продан Е.А. и др. Полифосфаты и минеральное питание растений. – Мн.: Наука и техника, 1978. – 231 с.
- Кочетков В.Н. Фосфорсодержащие удобрения. – М.: Химия, 1982. – 400с.
- Петербургский А.В. Система применения удобрений. – М.: Колос, 1984. – 272с.
- Продан Е.А., Самускевич В.В. Стабильность и реакционная способность фосфорных солей. Мн.: Наука и техника. 1994г.
- Факеев А.А., Хомутова Т.В., Быковская А.С. и др. Методы получения и очистки фосфатов элементов П группы периодической системы Д.И.Менделеева: Обзор информ. Сер. «Реактивы и особо чистые вещества». – М.: НИИТЭХИМ, 1983. – 68с.

Клещеле (700 км) в 6-8 пушчанских гминах (административных округах Польши), находится 24 истока малых и средних рек – Нарева, Наревки, Супрасла, Нуржеса, Буга и др. От режимов охраны этих зон водопроявления, которыми занимается не только водное, но и лесное хозяйство, зависит судьба чистоты вод огромного трансевропейского региона.

*Хижняк В., Магрель Л., Брылка Е., профессора Политехнического института в Белостоке, Польша.*

*Пойта Л.Л., доцент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.*

*Волкова Г.А., к.т.н., доцент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, 224017, БрГТУ, г. Брест, ул. Московская, 267.*

*Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика*